

明 細 書

電子ビーム露光装置及び露光方法

技術分野

本発明は、半導体製造工程の一つである露光工程で利用される露光装置に関し、詳しくは、等倍マスクを用いた電子ビーム露光装置の構造と、その露光方法に関する。

背景技術

一般に、露光装置では、光、特に紫外線を露光源に用いる場合と、電子ビームを用いる場合とがあり、後者は電子ビーム露光装置と広く呼ばれている。電子ビーム露光装置には大別して2方式があり、1つには、電子ビームを直接ウエハに照射する電子ビーム直接描画装置がある。もう1つには、露光したいパターンの形状に抜け部を有する構造のマスク（一般にステンシルマスクと呼ばれ、図4に示したように、例えば「A」の文字を露光する場合、島状の部分が含まれると2つのマスクを用いて2回の露光が必要になる。）を用いて電子ビームをマスクに照射させ、マスクにおけるパターンの部分を通過した電子ビームをウエハに照射してパターン描画（パターン状に露光）する方式がある。さらに後者のマスクを用いた電子ビーム露光装置も、大別すると2つに分類できる。1つは、実際に露光したいパターンの4倍程度の大きなパターンを有するマスクを用いた縮小投影露光装置（これを電子ビーム方式縮小投影露光装置と呼ぶ。）である。構造例として、図2に示した電子ビーム方式縮小投影露光装置200のように、電子銃21から発生する電子ビーム22は、偏向器23を通り、ステンシルマスク24を照射する。ステンシルマスク24におけるパターン状の抜け部から進んだ電子ビームは電子レンズ25を通過してウエハ26上に照射される。すなわち、ステンシルマスク24のパターンがウエハ26に縮小投影されることになる。

なお、このような電子ビーム方式縮小投影露光装置はEPL（Electron Projection Lithography）と呼ばれており、例えば、Electronic Journal、20

02年2月号、第62頁から65頁に示されている。

もう1つには、実際に露光したいパターンと同じ大きさのパターンを有するステンシルマスクを用いた等倍露光装置（これを電子ビーム方式等倍露光装置と呼ぶ。）がある。構造例として、図3に示した電子ビーム方式等倍露光装置300のように、電子銃31から照射された電子ビーム32は、電子レンズ33、アパーチャ34、主偏向器35、歪補正偏向器36を通過して、ウエハ38の直ぐ上に配置された等倍マスク37を照射する。等倍マスク37はステンシルマスクになっているため、その抜け部から進んだ電子ビームがウエハ38を照射する。これによってウエハ38がパターン露光される。

なお、このような電子ビーム方式等倍露光装置は、広くLEEL（Low Energy E-Beam Proximity Lithography）と呼ばれており、これに関しては、例えば、日経エレクトロニクス、2001年12月17日号、第33頁から34頁において示されている。これによると、LEELで用いられるステンシルマスクは、4分割相補マスクと呼ばれているが、パターン部には数ミリ角ピッチで縦横に梁（格子）がめぐらされている。その結果、梁がある部分は露光できなくなることから、1つの回路パターンをウエハ上に形成するのに4つのパターンを重ね合わせ露光する必要がある。

発明の開示

一方、4分割相補マスクではスループットが低いことから、図5に示したように、梁が無いステンシルマスク（サポートフリーLEELマスクと呼ばれることがある。）も提案されている。ところが、広くて薄いパターン部がたるまないように、パターン部は強く引っ張ってマスク基板に固定しなければならない。その結果、マスクをセットした時などにパターン部に発生した振動が減衰するまでの時間が長くなり、露光開始までに無駄な停止時間が発生することから、スループットを高くできなかった。

また、パターン部を破壊限界近くまで強く引っ張っても、たわみは原理的に0にすることはできないことから、マスクとウエハとの隙間をある程度以上狭くすることができなかった。その結果、マスクから進んだ電子ビームがウエハに達す

るまでに広がることによって発生する露光のボケをある程度以上小さくすることができなかった。

本発明の目的は、電子ビーム方式等倍露光装置で用いられる等倍マスクにおいて、特に梁の無いマスクのパターン部を強く引っ張らずに固定できる装置を提供することである。

前記目的を達成するために、本発明の電子ビーム方式等倍露光装置では、等倍マスクとウエハとを実質的に鉛直になるように配置したものである。換言すれば、本発明によれば、等倍マスクとウエハとを重力方向に対して並行に配置した電子ビーム方式等倍露光装置が得られる。この構成によれば、等倍マスクのパターン部が全くたわまないようになり、特に梁の無いマスクでもパターン部を強く引っ張る必要がなくなった。しかもマスクとウエハとのギャップをさらに小さくできるようになった。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施形態に係る電子ビーム方式等倍露光装置の構成を示す概略構成図である。

図 2 は、電子ビーム方式縮小投影露光装置の構成を示す図である。

図 3 は、従来の電子ビーム方式等倍露光装置の構成を示す図である。

図 4 は、一般のステンスルマスクのパターン部を示した斜視図である。

図 5 は、一般のステンスルマスクの構造を示した断面図である。

図 6 は、本発明のステンスルマスクの構造を示した断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して、本発明の実施形態を用いて説明する。

図 1 は本発明の実施形態に係る電子ビーム方式等倍露光装置 100 の構成を示した図であり、図 3 に示された従来の電子ビーム方式等倍露光装置 300 を横に倒したような構造になっている。電子銃 1 から照射された電子ビーム 2 は実質的に水平に進んで、電子レンズ 3、アパーチャ 4、主偏向器 5、歪補正偏向器 6 を通過して、ウエハ 8 の直ぐ前に配置された等倍マスク 7 を照射する。等倍マスク

7はステンシルマスクになっているため、その抜け部から進んだ電子ビームがウエハ8を照射する。これによってウエハ8がパターン露光される。ウエハ8は縦型ステージ9に固定されており、したがって、等倍マスク7とウエハ8は鉛直に固定されている。ウエハ8は、縦型ステージ9内で左右と上下に移動できるようになっている。ウエハ8とマスク7との間隔は公知の距離でよい。

本実施形態のように、電子ビーム方式等倍露光装置100では、等倍マスク7が鉛直に配置されているため、パターン部が重力でたわむことがない。その結果、等倍マスク7とウエハ8とのギャップを従来よりも数分の一小さい10ミクロン以下まで狭くすることができるようになった。この構成によれば、ウエハ8に照射される電子ビームがギャップ間で広がることによるボケも数分の一に抑制された。

また、等倍マスク7が重力でたわまない結果、そのパターン部を強く引っ張らなくてもよい。その結果、等倍マスク7として、図6に示したように、メンブレン62を有するステンシルマスク600を利用できるようになった。すなわち、極めて薄いメンブレン62でも、破れずに利用できるからである。これによると、図5に示した通常のスチシルマスクでは1回で露光できない島状のパターンも1回で露光できるようになった。なお、メンブレン62の材質としては、ダイヤモンドカーボン等、強度が高く、薄くできる材質を使用できるため、極めて薄く且つ強度の高いステンシルマスクを構成できる。

なお、実施例ではマスク7およびウエハ8を鉛直に保持したが、鉛直からプラスマイナス10°程度（本発明では、これを含めて「実質的に鉛直」という）傾けても、等倍マスクのたわみを大幅に防止することができる。同様に電子ビーム2についても、水平からプラスマイナス10°程度傾けて進行させてもよい。

以上説明したように本発明は、梁の無い等倍マスクのパターン部を強く引っ張る必要がなく、その結果、パターン部が振動しなくなり、マスクのセット後、直ぐに露光を開始できるようになった。

さらにまた、ステンシルマスクのパターン部を強く引っ張る必要がないことから、パターン部に極めて薄いメンブレンを貼り付けることができる。これにより、例えば、LEELのように、電子ビームの加速電圧が数kVと低い場合でも、

メンブレンマスクと呼ばれるマスクが利用でき、ドーナツ状のパターンでも1回の露光でパターン形成できるようになった。

さらに、パターン部が全くたわまないことから、マスクとウエハとのギャップをさらに小さくすることができ、マスク通過後の電子ビームのボケを抑制できるようになった。

請求の範囲

1. 電子ビーム発射手段と、被照射基板を保持する手段と、前記電子ビーム発射手段と前記被照射基板との間で前記被照射基板の近傍に置かれるべき等倍マスクを保持する手段とを有する電子ビーム露光装置において、前記被照射基板を保持する手段および前記等倍マスクを保持する手段は、前記被照射基板および前記等倍マスクをそれぞれ実質的に鉛直に保持するようにしたことを特徴とする電子ビーム露光装置。

2. 前記被照射基板を保持する手段および前記等倍マスクを保持する手段は、前記被照射基板および前記等倍マスクを実質的に平行に保持するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の電子ビーム露光装置。

3. 電子ビーム発射手段からの電子ビームを等倍マスクを介して、前記等倍マスクによって定められるパターンで被照射基板に照射する電子ビーム露光方法において、前記被照射基板および前記等倍マスクをそれぞれ実質的に鉛直に配置することを特徴とする電子ビーム露光方法。

4. 前記等倍マスクとして、マスクのパターン部の梁の少なくとも一部が省略された薄膜を有するマスクを用いることを特徴とする請求項3に記載の電子ビーム露光方法。

5. パターン部に梁を持たない薄膜からなる等倍マスクを用いることを特徴とする請求項4に記載の電子ビーム露光方法。

6. 前記被照射基板が半導体ウエハであり、請求項1または2に記載の電子ビーム露光装置を用いて露光する工程を少なくとも有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

7. 前記被照射基板が半導体ウエハであり、請求項3乃至5のいずれか1つに記載の電子ビーム露光方法によって露光する工程を少なくとも有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

8. 等倍マスクと当該等倍マスクに対向して配置される被照射基板とを備えた電子ビーム露光装置において、前記等倍マスク及び被照射基板は重力方向に並行に配置されていることを特徴とする電子ビーム露光装置。

図 1

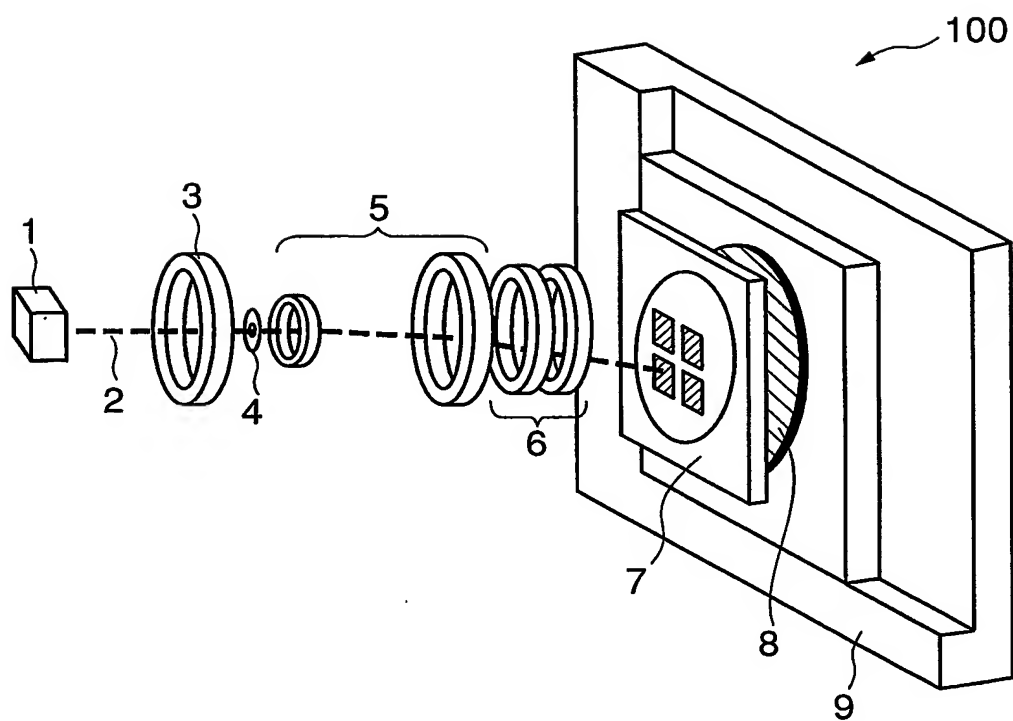


図 2

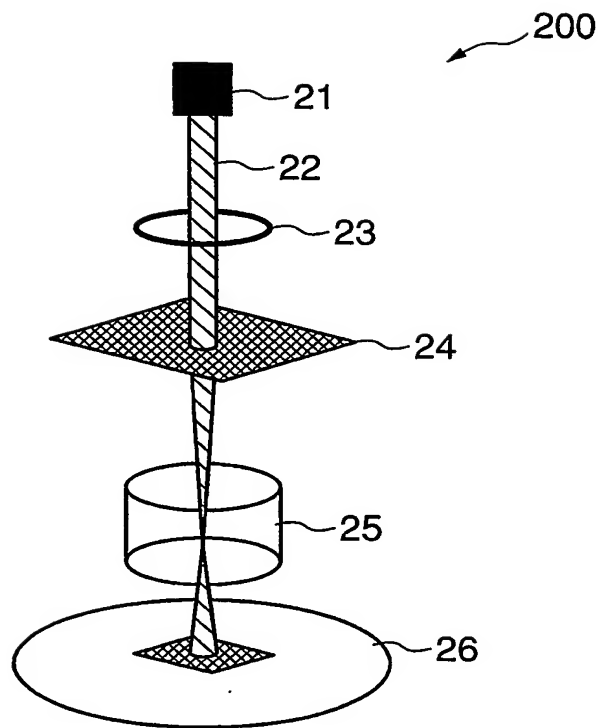


図 3

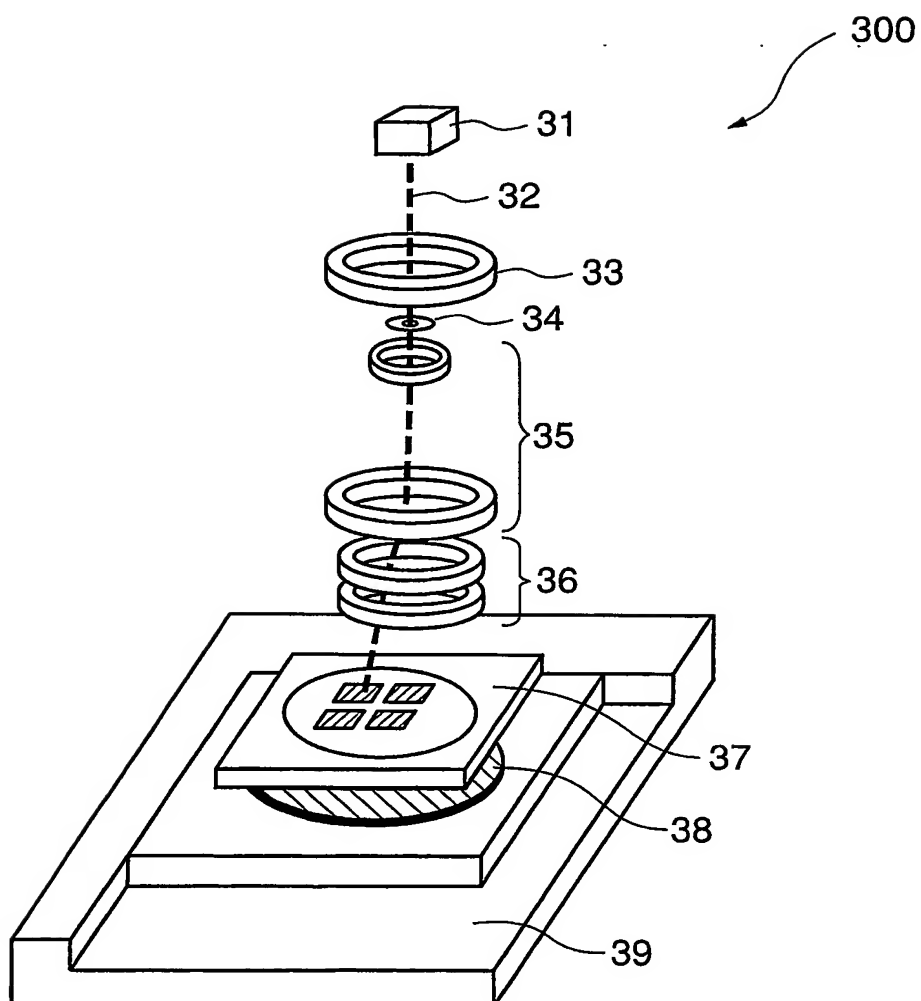


図 4

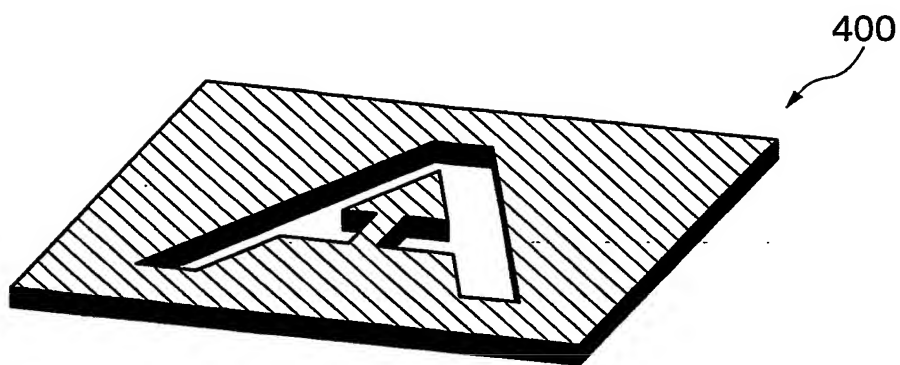


図 5

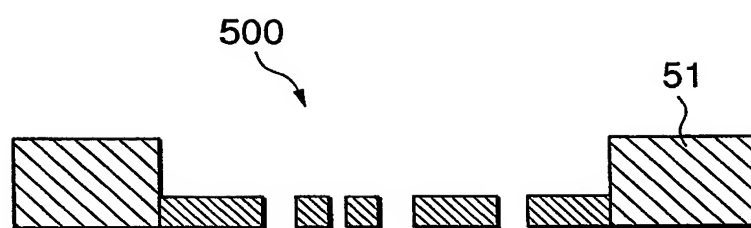
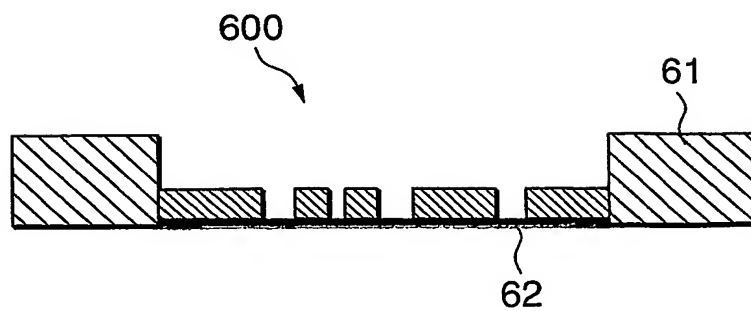


図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, H01J37/305

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, H01J37/305

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-37055 A (Sony Corp.), 07 February, 2003 (07.02.03), Par. Nos. [0010] to [0012]; abstract; Fig. 2 & US 2003/0010749 A1	1-8
Y	JP 1-181420 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 19 July, 1989 (19.07.89), Full text; all drawings; particularly, page 2, lower right column, lines 3 to 8 (Family: none)	1-8
Y	JP 2000-49082 A (Nikon Corp.), 18 February, 2000 (18.02.00), Par. No. [0012]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 October, 2004 (15.10.04)Date of mailing of the international search report
02 November, 2004 (02.11.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/011720

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-65117 A (IMS Ionen Mikrofabrikations Systeme GmbH.), 05 March, 1990 (05.03.90), Figs. 1, 2 & EP 344646 A2 & US 4967088 A1 & AT 140487 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20, H01J37/305

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20, H01J37/305

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-37055 A (ソニー株式会社) 2003.02.07 【0010】-【0012】、【要約】、図2 & US 2003/0010749 A1	1-8
Y	JP 1-181420 A (大日本スクリーン製造株式会社) 1989.07.19 全文、全図 特に第2頁右下欄第3行目-第8行目 (ファミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に関する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献、

国際調査を完了した日

15.10.2004

国際調査報告の発送日

02.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

多田 達也

2M

3011

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2000-49082 A (株式会社ニコン) 2000.02.18 【0012】，図1，2 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2-65117 A (イーエムエス イーネン ミクロアプリケーション システム ケゼルバフト ミト ペシレンクテル ハフツング) 1990.03.05 図1，2 & EP 344646 A2 & US 4967088 A1 & AT 140487 A	1-8